

新兴产业政策与创新生态系统演化研究 ——以增材制造产业为例

许冠南¹, 方梦媛¹, 周源²

(1. 北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876; 2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084)

摘要: 随着新一轮科技革命和产业变革的加速演进, 构筑和完善新兴产业创新生态系统成为争夺新一轮全球竞争制高点的重要途径。本文以增材制造产业为例, 结合文献、专利、商业等多源异构数据, 解析产业创新生态系统发展的各个阶段, 分析科学、技术、市场和政策层面的特征及其相互协同演化。研究表明, 伴随我国创新政策的出台和实施, 增材制造领域的科学知识产出和技术发展水平逐步提升, 市场规模不断扩大, 但在发展过程中存在着产业链发展不均衡、科技成果转化动力不足和商业应用水平不高等问题。基于此, 提出了促进新兴产业发展的措施建议: 着力提升产业链关键环节的自主创新能力, 实现产业发展的自主可控; 加快推进科技成果产业化, 加强科技中介服务, 完善科技成果转化机制; 进一步探索应用领域拓展, 构建新兴产业与传统产业融合发展的新模式, 实现跨越式发展。

关键词: 新兴产业; 创新生态系统; 创新政策; 增材制造; 演化

中图分类号: C939 **文献标识码:** A

Evolution of Innovation Ecosystem and Policy for an Emerging Industry: A Case of Additive Manufacturing Industry

Xu Guannan¹, Fang Mengyuan¹, Zhou Yuan²

(1. School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. School of Public Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Constructing and improving an innovation ecosystem for emerging industries is vital for success in global competition in the new round of scientific and technological revolution and industrial transformation. This paper takes the additive manufacturing industry as an example. It introduces the development stages of an innovation ecosystem, and analyzes the characteristics from the aspects of science, technology, market, and policy as well as their co-evolution, using multi-source heterogeneous data such as literature, patents, and commerce. The research shows that, with the implementation of innovation policies, the scientific output and technical level of the additive manufacturing industry are gradually improved, and the market size of the industry is also expanded.

收稿日期: 2019-12-16; 修回日期: 2020-02-11

通讯作者: 周源, 清华大学公共管理学院副教授, 研究方向为创新管理、科技政策; E-mail: zhou_yuan@mail.tsinghua.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“新兴产业发展战略研究(2035)”(2018-ZD-12); 国家自然科学基金项目(71872019); 北京市自然科学基金项目(9182013)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

However, the industrial chain of the additive manufacturing industry is unbalanced in development, the impetus for the transformation of scientific and technological achievements is inadequate, and the commercialization level of these achievements is low. Furthermore, to develop the innovation ecosystem for emerging industries, some policy suggestions are proposed, including improving the capability of independent innovation in key links of the industrial chain, to achieve independent and controllable industrial development; accelerating the industrialization of scientific and technological achievements, by strengthening science and technology intermediary services and improving the transforming mechanism of scientific and technological achievements; and exploring new application areas, by integrating the emerging industries with traditional industries, thus to achieve leapfrog development.

Keywords: emerging industry; innovation ecosystem; innovation policy; additive manufacturing; evolution

一、前言

培育和发展战略性新兴产业是世界各国实现技术跨越、抢占科技与经济发展制高点的务实选择。《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》指出,新一代信息技术、高端装备制造、新材料、生物、新能源汽车、新能源、节能环保等战略性新兴产业具有知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的典型特征,是未来经济发展的核心动力,也是获取未来国际竞争新优势的关键领域。目前,新兴产业还处于成长阶段,其发展壮大不仅依赖于自身科学技术的进步,还与相关支撑技术、互补性产品以及宏观环境等辅助因素密切相关。新兴产业的稳健发展,需要构建健康的创新生态系统,促进系统中各主体间的协同联动。

开展新兴产业创新突破,需要外部环境的支撑以及其他参与者的协调配合,避免闭门造车、单打独斗 [1]。若仅局限于某单一技术环节的创新而忽视相关支撑技术、互补品的发展,创新最终有可能因缺乏配套技术支持而面临失败 [2]。产业创新生态系统由高等院校、科研机构、原材料供应商、核心生产者、中介组织、消费者等产业参与者以及外部环境等构成,是一个有机系统 [3],良好的产业创新生态系统是产业健康持续发展的基础。创新生态系统分为以高等院校和科研院所为核心的知识生态系统、以企业为核心的商业生态系统 [4]。知识生态系统创造出科学和技术知识 [5,6],科学和技术知识必须走向市场才能实现其商业价值。现有关于新兴产业创新生态系统的研究,较多聚焦于单一层面,而对创新生态系统中的科学、技术与市场之间的联动性缺少关注,对创新生态系统的分层解构与

层间关联的研究也较为缺乏 [7,8]。另外,结合我国特殊情境进行的针对性理论研究较为欠缺 [9]。对于我国新兴产业而言,相应创新生态系统中的科学、技术、市场等层面的联动协同发展也是值得关注的研究方向。

新兴产业在发展初期通常呈现资金和人才资源短缺、技术交叉融合发展、产业配套不完善以及不确定性较高等特性,仅依靠市场机制难以实现产业的可持续健康发展。因此,运用各种政策工具对产业生态系统加以培育和引导显得尤为重要。常见的政策工具分为供给型、环境型和需求型 [10],对产业发展起到引导、激励、服务和规范等作用 [11],成为调节和干预市场经济运行的重要手段。

基于此,本文将创新生态系统划分为科学、技术和商业 3 个子系统,探索新兴产业政策与 3 个子系统之间的联动与协同关系。首先阐述研究设计与数据方法,包括研究框架、产业选择、数据来源以及研究工具;其次以增材制造产业为例,对产业发展不同阶段的政策和创新生态系统进行解析;然后进一步剖析政策及创新生态系统的协同发展,并对应提出促进新兴产业创新生态系统发展的措施建议。

二、研究设计与数据方法

(一) 研究框架

按照科学生态系统、技术生态系统和商业生态系统的划分,构建了“科学-技术-商业”多层联动的创新生态系统分析框架(见图 1)。政府作为创新生态系统的外部力量,通过综合运用各类政策工具对生态系统的各子系统进行宏观调控以推动产业

发展。科学生态系统侧重于基础研究并生成科学知识，为创新生态系统的持续发展提供驱动力；技术生态系统侧重于技术研发并生成应用技术知识，为创新生态系统繁衍提供技术支持；商业生态系统侧重于产品开发并实现商业价值，为创新生态系统的价值创造与捕捉提供市场牵引力。

（二）产业选择

选取增材制造（3D 打印）产业作为代表性新兴产业进行剖析。高端装备制造产业和新材料产业均涉及增材制造这一国家科技重点发展方向。增材制造产业具备新兴产业发展的典型特征，可显著提高国家的制造业水平，具有良好的发展前景。

（三）数据来源

文中研究涉及的数据来源有：①文献数据，来自美国科学情报研究所（ISI）创建的 Web of Science 核心合集数据库，共检索到 2005—2019 年文献数据 63 779 条^①；②专利数据，来自德温特世界专利索引（DWPI）数据库，共检索到 2005—2019 年专利数据共 46 676 条^②；③商业数据，来自

新闻、行业资讯报告、前瞻产业研究院和 Wohlers 相关产业报告。以上数据检索截止日期均为 2019 年 9 月 21 日。

（四）研究方法

1. 研究思路

首先，根据增材制造产业历年产值变化趋势以及重大政策节点，将产业创新生态系统的演化划分为 3 个阶段。其次，对增材制造产业相关政策进行梳理和分类，找出政策工具的分布情况。再次，基于文献数据，运用文献计量法分析 3 个阶段增材制造产业在科学层面上的研究水平；基于专利数据，通过专利计量法分析 3 个阶段增材制造在技术层面上的研究现状；利用市场规模和应用领域相关数据分析商业层面上的发展趋势。最后，探索增材制造领域产业创新政策与科学、技术以及市场之间的联动演化关系。

2. 研究工具

（1）Derwent Data Analyzer（DDA）软件，由美国科睿唯安公司开发，作为数据计量分析工具对 Web of Science 数据库、Derwent Innovation 数据库的数据进行清洗和深度挖掘，生成相关的矩阵。

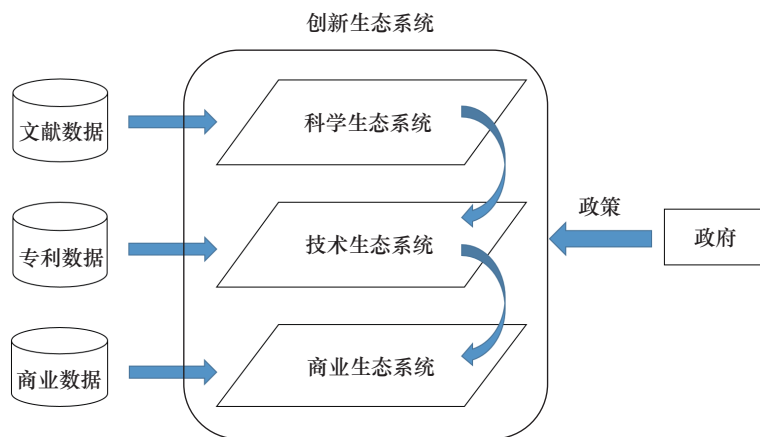


图 1 新兴产业创新生态系统的三层框架

^① 本研究的文献检索式为“TI=(3*D printing) OR (three-dimensional printing) OR (3-dimensional printing) OR (material increase manufact*) OR (additive* manufact*) OR (rapid* prototyp*) OR (rapid manufact*) OR (rapid* prototyp* manufact*) OR (Layered Manufact* Technology) OR (Solid free-form Fabrication) OR (Stereo Lithography Apparatus) OR (Laminated Object Manufact*) OR (Selective Laser Sinter*) OR (Fused Deposition Model*) OR (Laser Engineered Net Shap*) OR (Patternless Casting Manufact*) OR (Direct Metal Laser-Sinter*) OR (Direct Laser Fabrication) OR (direct metal deposition) OR (Laser clad* forming technology) OR (Electron Beam Selective Melt*) OR (Digital bricklay*) OR (3D mosaic) OR (ballistic particle manufact*)”。

^② 专利检索式同文献检索式。

(2) Ucinet 软件用于实现矩阵的可视化, 利用文献与专利合作矩阵构建全球和我国的文献与专利合作网络, 从而探索增材制造产业的演化趋势。

三、增材制造产业创新生态系统的演化

(一) 产业简介与阶段划分

增材制造是以数字模型为基础, 将材料逐层堆积制造出实体物品的新兴制造技术, 改变了传统制造模式, 实现了制造方式从等材、减材再到增材的重大转变, 使个性化和定制化生产成为可能。增材制造产业可分为材料、设计、制备和应用 4 个环节 [7]。作为近年来极具代表性和发展潜力的新兴产业, 增材制造引起了制造业范式的改变。世界各国积极制定有关增材制造的发展规划和推动举措, 如中国发布《增材制造产业发展行动计划 (2017—2020 年)》、美国发布《先进制造美国领先战略》、欧洲发布《欧洲增材制造战略》、韩国发布《韩国 3D 打印产业振兴计划 (2017—2019 年)》、英国发布《英国增材制造研究和创新概况》等。

2005—2018 年全球增材制造产业产值情况如图 2 所示。从增幅上看, 大致可分为: 导入期 (2005—2009 年), 年产值增长缓慢且增幅逐年下

降; 成长期 (2010—2014 年), 年产值以平均 30% 左右的增幅持续高速增长; 持续增长期 (2015—2018 年), 年产值增幅有所下降, 但仍处于持续增长的状态。为此, 文中将全球增材制造产业的整体发展过程划分为 2005—2009 年、2010—2014 年、2015—2019 年 3 个阶段。

(二) 科学创新生态系统

全球增材制造领域科学创新生态系统的发展情况, 主要通过 Web of Science 数据库的检索文献情况进行阐释, 3 个阶段的文献发表数量分别为 9643 篇、15349 篇和 38787 篇。从相关领域文献发表的数量来看, 美国和中国的发文量排在前两位 (见图 3)。美国发文量为 17630 篇, 占发文总量的 27.71%; 中国发文量为 12800 篇, 占发文总量的 20.12%。此外, 2005—2019 年美国和中国的发文量逐年增加 (见图 4)。

针对增材制造产业领域研究机构在 3 个阶段的合作情况, 主要从以下两方面进行分析。

1. 全球研究机构 Top100 文献合作网络

从全球文献发表量来看, 3 个阶段中全球排名前 10 位的研究机构, 来自中国的分别有 2 所、5 所和 7 所。中国研究机构在国际相关机构中的占比越来越大, 在增材制造领域基础知识的积累方面

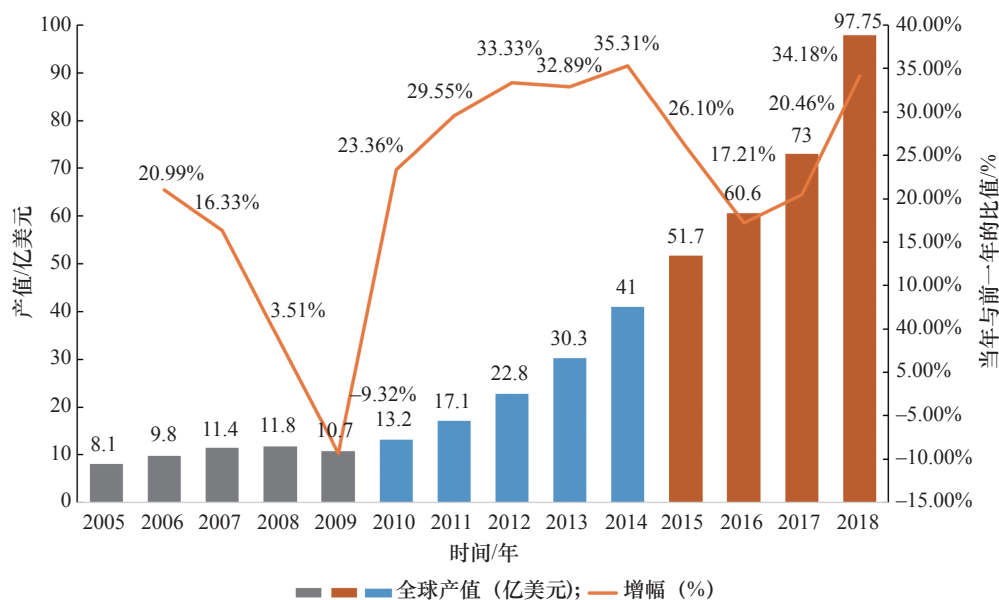


图 2 2005—2018 年全球增材制造产业产值增长态势
注: 数据来源于 Wohlers Associates 相关产业报告数据。

显示出了一定优势。

从全球文献合作网络的结构来看，美国占据重要地位，中国保持追赶势头。在第一阶段中，美国研究机构间的合作最为密切；中国在随后两个阶段逐步向网络中心扩张，到第三阶段已经呈现出与美国基本持平的状态（见图5），这也说明中国在不断加强基础性知识的探索。国内研究机构在国际合作中趋于活跃：一方面吸取外国前沿的科学技术知识，提高自身的实力水平；另一方面通过国际合作与世界接轨，共享资源和平台。随着美国和中国在

该领域文献发表数量的显著上升，其他国家纷纷与之展开紧密的合作，表现为第三阶段合作网络密度的逐步增大。

2. 中国 Top50 机构本土合作网络

中国 Top50 合作网成员均为高等院校和研究机构，尚无企业参与（见图6），这说明我国科学知识的创造活动几乎全部来自高等院校和研究机构。整体来看，3个阶段的网络图聚合程度越来越高、密度越来越大，显示出国内相关机构在增材制造领域科学知识层面上的合作水平不断提高。

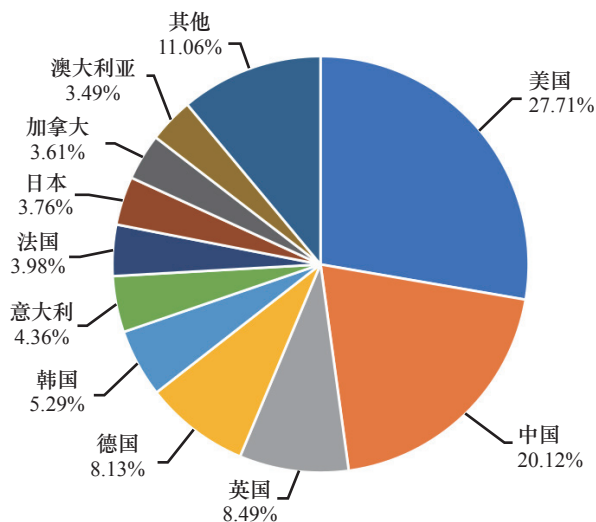


图3 2005—2019年各国增材制造产业领域文献发表占比

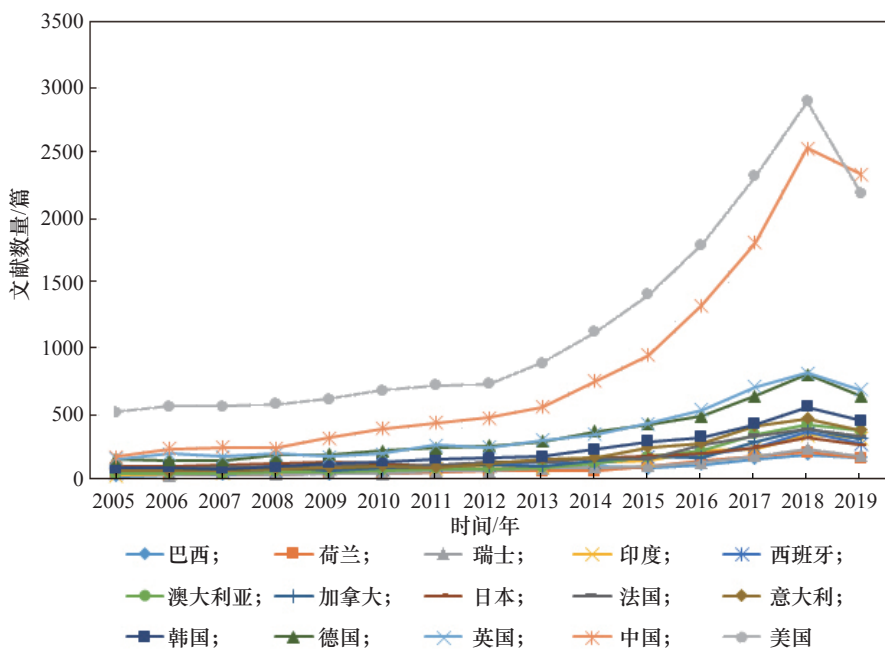


图4 2005—2019年增材制造产业领域全球主要国家的文献发表趋势

注：鉴于文章从发表到被检索存在6个月到1年的滞后期，检索截止日期确定为2019年9月21日。

(三) 技术创新生态系统

对于全球增材制造产业技术创新生态系统的发展情况，主要从全球增材制造产业的专利数量方面进行阐释。3 个阶段本领域已申请的专利数量分别为 1508 件、4667 件和 40501 件。运用专利计量分析方法进行分析，总结各国相关专利申请数量的分布和变化趋势以及 3 个阶段全球和中国本土机构的合作情况。

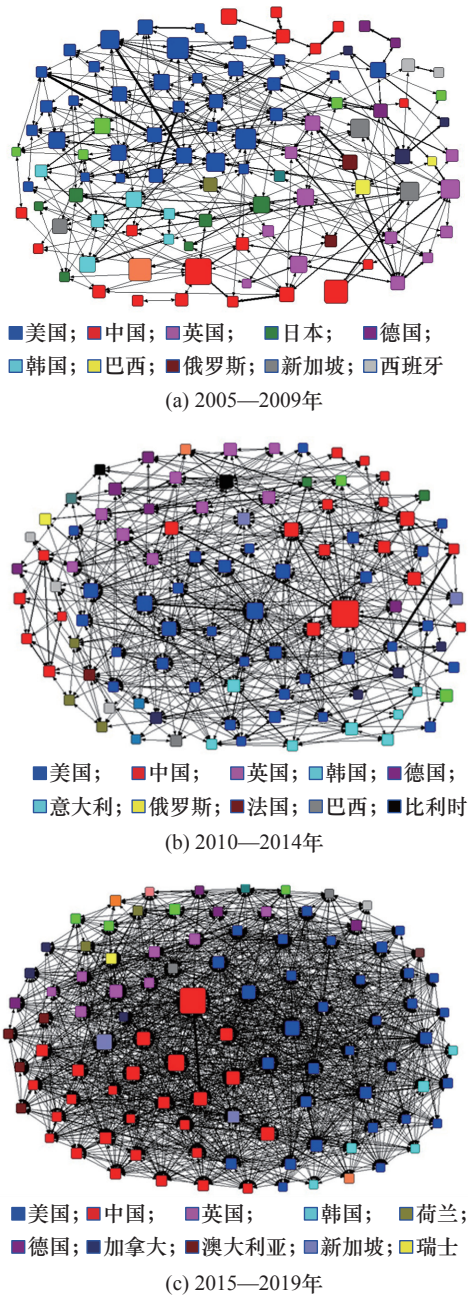


图 5 全球 Top100 机构文献合作网络

注：图中不同颜色的方框表示不同国家的机构，如蓝色表示美国机构、红色表示中国机构；方框面积大小表示该机构文章发表的总数量。

我国在增材制造领域的专利申请数量已经达到世界第一，共计 28 675 件，占全球专利总量的 61.11%；美国共计 7810 件，占比仅为 16.64%（见图 7）。也要注意，我国拥有的核心专利数量较少，而大部分属于增量型研究。因此，后续国家政策的引导方向应为加大研发投入、激励研究主体构建自主创新能力，从而实现核心技术自主可控并形成国际竞争优势。

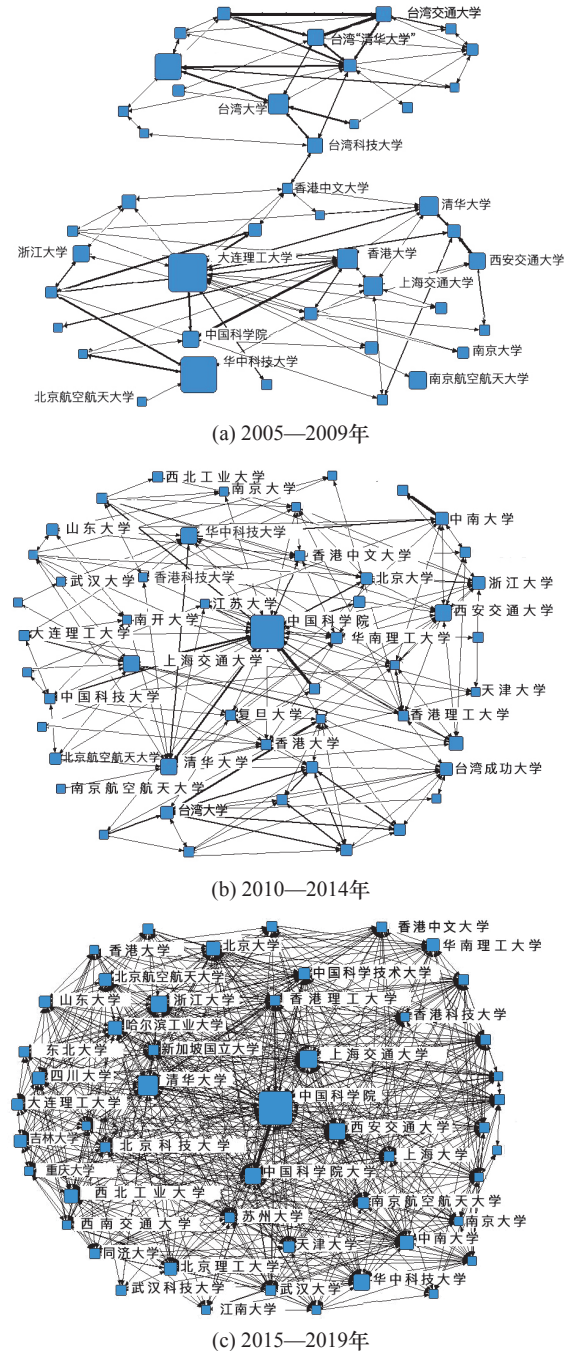


图 6 中国 Top50 机构的本土文献合作网络

针对全球增材制造领域在 3 个阶段的专利合作情况，主要从以下两方面进行分析。

1. 全球 Top100 专利权人合作网络

从全球专利申请数量上看，在前两个阶段，全球拥有相关专利数量最多的专利权人集中于少数专门型企业，但在第三阶段中传统打印机优势企业以及应用企业开始布局增材制造研发，从用户向装备制造或服务提供商转变，全球范围内的产业竞争趋于加剧。

从全球 Top100 机构的专利合作网络来看，3 个阶段的专利跨国合作较少（见图 8），且呈不断减少趋势。这说明伴随产业发展，各国开始倾向于本国独立研发、独自拥有专利权。此外，国内机构间的合作明显增多，表明国内的开放式创新环境有了长足发展。

2. 中国 Top100 专利权人合作网络

在专利权人分布方面，国外的专利权人多为企业，而国内多为高等院校，这可能与我国的科研评价机制有关。后续应鼓励企业积极参与创新研发，支持企业成为专利权人的主体，注重对专利“质”的追求而不仅仅是“量”的增长。从中国专利合作网络结构来看，“产学研”合作专利申请逐渐增多（见图 9），尤其是第三阶段“产学研”合作增长显著。也要注意，校企合作仍只占少数，大部分高等院校并没有与企业有效对接以形成完整的“技术-市场”链条，导致相关科研成

果仅仅停留在研究部门而未能转化流向企业市场。后续在政策层面还需继续推动“产学研”合作的广度和深度。

（四）商业创新生态系统

全球增材制造产业市场规模呈持续稳步扩大的趋势（见图 10）。在 2010 年前，全球增材制造产业整体处于起步阶段，主要完成了科学知识积累和技术探索，未将商业化应用作为发展重点，市场整体规模较小。2010—2014 年市场规模稳步增长，增幅保持在 30% 左右，其中 2012 年市场规模达到 23 亿美元，同比增长高达 35.29%。2015—2018 年的增幅有所下降，但仍处于规模持续扩张的状态，其中 2018 年市场规模达到 83.7 亿美元。

我国增材制造产业的商业化起步较晚，2012 年市场规模仅为 1.6 亿美元，约占全球市场总量的 6.9%。2015—2018 年我国增材制造市场快速发展，增速高出全球平均水平近 1 倍，对应占比不断提高。截至 2018 年，我国增材制造产业市场规模已突破 20 亿美元，约占全球市场总量的 25%。

从全球增材制造设备新增装机数量来看，产业市场需求旺盛，1998—2016 年美国和中国分列第一位和第二位。但从商业价值创造来看，以 2016 年相关设备生产销售情况为例，美国位居第一，占全球市场份额的 46.3%，而中国所占份额仅为 4.5% [12]。由此可见，尽管国内增材制造产业市

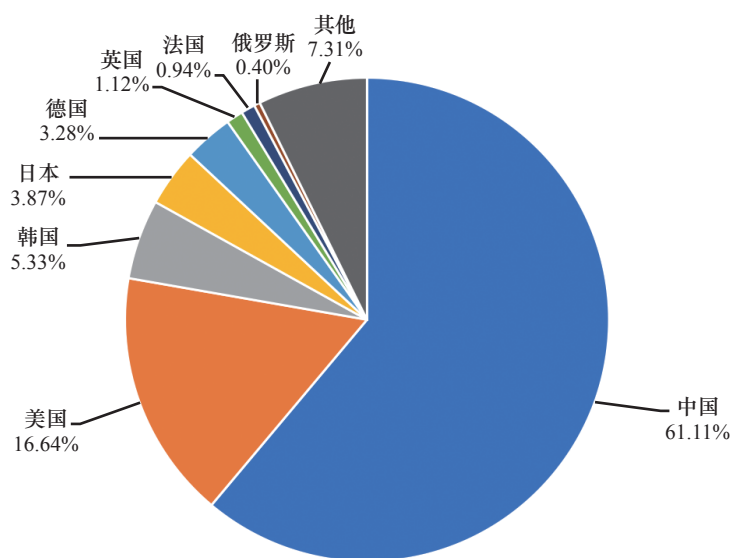


图 7 2005—2019 年各国增材制造产业专利申请数量分布
注：专利从申请到被检索到存在约 18 个月的滞后期，检索截止日期为 2019 年 9 月 21 日。

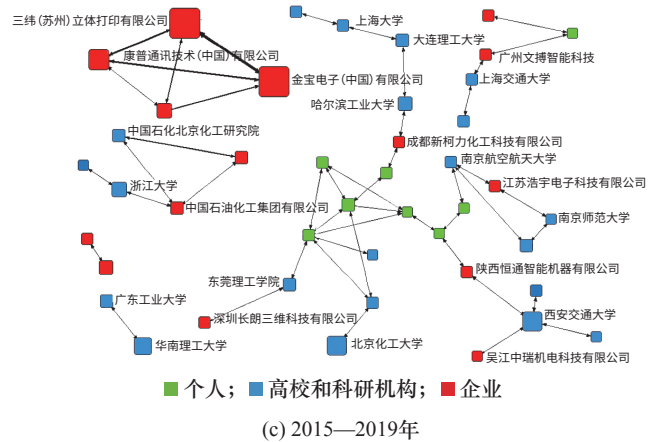
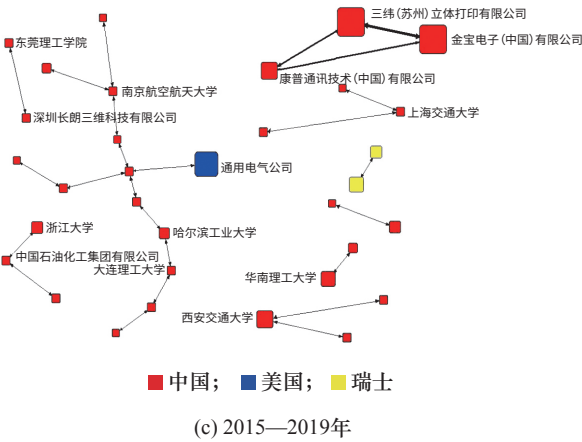
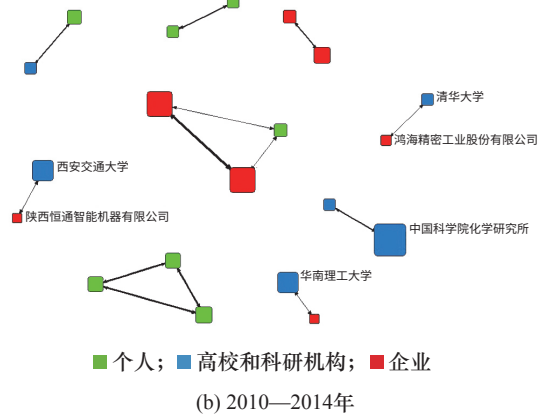
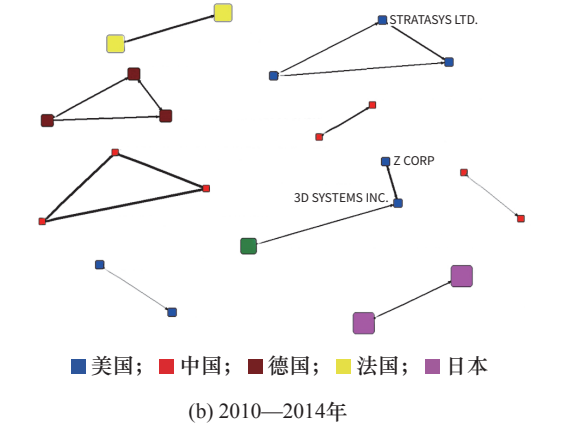
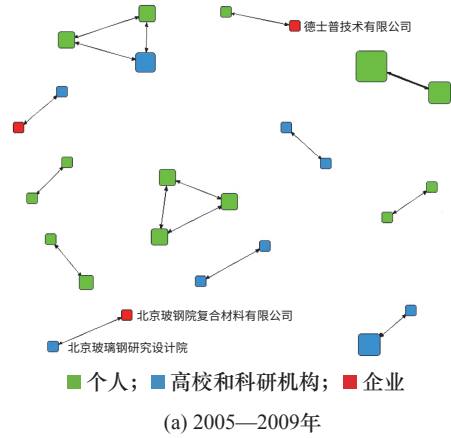
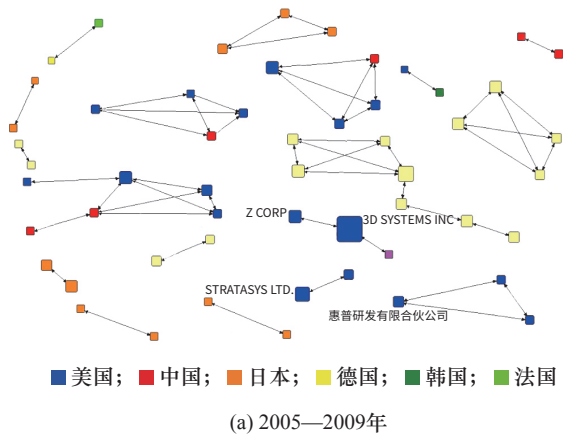


图 8 全球 Top100 专利权人专利合作网

图 9 中国 Top100 专利权人专利合作网络

场需求旺盛，但相关企业的商业价值创造能力较为薄弱；高端装备和材料仍依赖进口，尚未形成完整产业链，产业竞争力不强。

从增材制造应用领域来看，我国增材制造产业已逐步从科学技术研发走向产业化应用，且产业应用范围越来越广（见图 11），工业机械、航空、航天、生物医疗等领域是应用重点。然而，由于生产效率、

研发周期、制造成本等问题，增材制造的生产规模小，离批量化生产还有一定距离。另外，我国增材制造企业多为中小型企业，产业化设计和制造的能力不强。

当前，国内“材料—设计—制备—应用”产业链的各个环节分布尚不均衡，原材料在一定程度上依赖进口，产品成本较高，产业化进程缓慢。未来

我国产业发展亟需转型，进一步整合产业链，尤其要注重商业化应用，提升“产学研”合作水平。目前我国相关产业中的科学研究活动主体仍为高等院校和科研机构，由于相关科研成果未得到市场的充分验证，无法满足商业应用对技术成熟度的需求。这也表明，国内科研成果和应用市场之间缺少中介服务机构、科技服务机构等成果转化机构。

四、我国增材制造产业政策与创新生态系统的协同演化

（一）创新政策分析

我国相关创新政策的提出和实施，与全球增材制造产业阶段划分的时间节点基本一致，在各阶段内的侧重点有所不同。

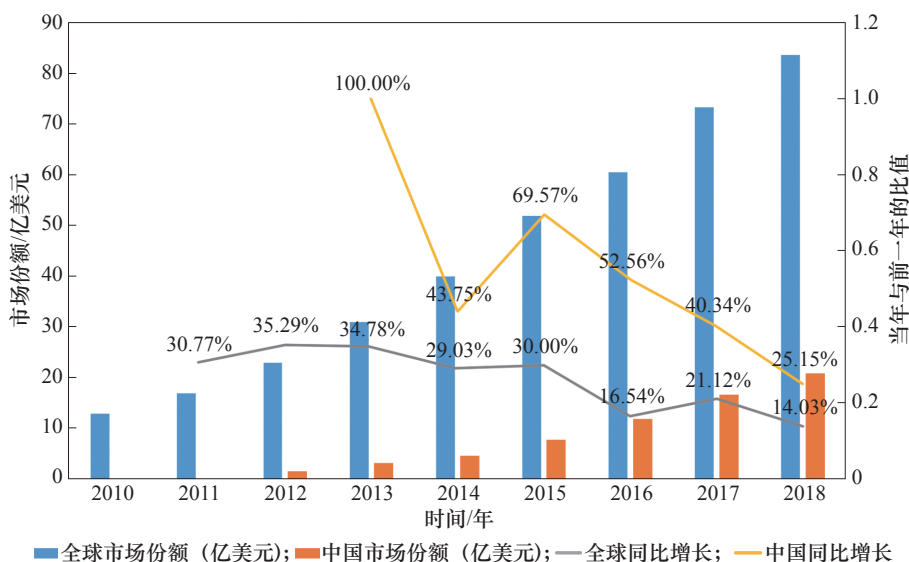


图 10 全球以及中国增材制造产业市场规模

注：数据来源于前瞻产业研究院《2018—2023 年全球 3D 产业市场前景与投资战略规划分析报告》。

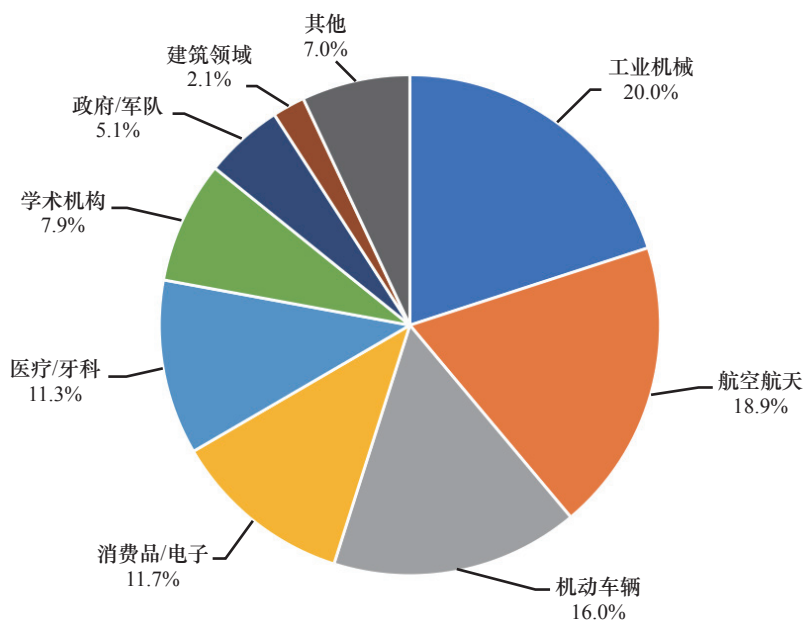


图 11 2018 年中国增材制造材料主要应用领域

注：数据来源于 Wohlers Report 2019。

1. 政策酝酿阶段（2005—2009 年）

本阶段主要对“战略性新兴产业”概念进行论证，尚未从国家政策层面上明确发展目标和方向。当时认为发展战略性新兴产业是我国着眼长远发展的重大战略选择。政府机构也完整表述了发展战略性新兴产业的战略构想和理论依据 [13]。

2. 政策萌发阶段（2010—2014 年）

本阶段将“战略性新兴产业”正式提高到国家战略层面，对其发展目标和方向进行了总体规划，但还未专门针对增材制造这一产业出台相关政策。《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》确定了战略性新兴产业的发展目标、主要任务和扶持政策；《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》确定了 7 个重点领域的中长期发展目标以及配套政策与重大工程；国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家科技支撑计划制造领域 2014 年度备选项目征集指南首次将增材制造技术列入其中。

3. 政策密集阶段（2015—2019 年）

本阶段出台一系列增材制造产业相关政策，对增材制造产业的发展目标和方向作出了明确的部署，提出了配套的扶持和保障措施。《增材制造产业发展行动计划（2017—2020 年）》提出实施五大重点任务，采取 6 项保障措施，实现五大发展目标，着力打造“材料—设计—制备—应用”完整

的增材制造产业链。

不同类型的政策工具在产业演化过程中的着力点各不相同。按照政策工具的分类对我国增材制造领域的创新政策进行梳理（见表 1），可以发现我国主要使用供给型和环境型政策工具来引领和促进相关产业的创新发展。

（二）增材制造产业发展中政策—科学—技术—市场的协同演化

我国增材制造产业发展是一个政策、科学、技术、商业协同演化的过程。

从政策层面上看，政府从供给面、需求面和环境面出台创新政策，综合运用各类政策工具，推动增材制造产业不断提高科学知识水平、技术水平以及市场应用水平，完善和整合产业链，加快构建良性发展的新兴产业创新生态系统。

从科学层面上看，我国不断深化科学基础知识研究，积极参与国际合作，逐步提高在合作中的地位，吸收国外前沿知识，尽快实现与国际接轨。

从技术层面上看，我国作为后发国家追赶态势明显，专利申请数量占全球增材制造领域专利总数的一半以上。虽然专利涉及范围广，但核心专利缺乏，在原创性技术方面仍相对落后。另外，国内专利申请机构间的合作大多是高等院校和科研机构，

表 1 我国增材制造领域创新政策分类

政策文件	时间/年	供给型				环境型				需求型	
		人才培养	资金支持	技术支持	公共服务	目标规划	金融支持	法规规范	产权保护	政府采购	应用示范
《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》	2010	√	√	√		√	√	√	√		√
《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》	2012	√	√	√		√	√	√	√		√
《国家增材制造产业发展推进计划（2015—2016 年）》	2015	√	√	√	√	√	√	√			√
《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	2016			√		√		√		√	√
《“十三五”先进制造技术领域科技创新专项规划》	2017			√		√		√			√
《“增材制造与激光制造”重点专项 2018 年度项目申报指南》	2017			√		√					√
《增材制造（3D 打印）产业发展行动计划（2017—2020 年）》	2017	√	√	√	√	√	√	√			√
《知识产权重点支持产业目录（2018 年本）》	2018									√	

“产学研”合作水平有待进一步提高。

从市场层面上看，我国增材制造产业目前已经取得了长足发展，在航空、航天、工业机械、医疗以及汽车等领域得到了广泛应用，市场规模逐步增大；但市场潜力尚未完全开发，众多研究成果未能充分利用，在成果转化、商业应用方面还有待进一步提升。

产业创新生态系统的演化依赖于科学层、技术层和市场层的联动协同发展，科学知识需要转化为技术实力后再投入市场加以运用，任何一个薄弱环节都会给生态系统造成负面影响。整体来说，我国增材制造创新生态系统不断完善，发展态势良好(见表2)，但市场层面仍有较大发展空间。

综上所述，通过系统分析增材制造产业在政策、科学、技术、市场各个层面的演化过程(见图12)，可以发现我国增材制造产业的发展模式是由科学和技术驱动的。尤其是国内高等院校、科研院所在科学研究、应用技术方面的产出丰富，为增材制造产业快速成长提供了重要驱动力。但相关企业存在“小、散、弱”问题，致使“产学研”脱节，众多创新性科技成果滞留在研究部门。因此，促进科技成果转化，使企业更好地承接研究部门的知识产出，消除创新链条上工程化、产业化开发环节的断层，都是产业创新发展亟待解决的重要问题。另外，应促进产业政策工具的灵活与充分运用，以推动创新生态系统的高效运作和健康发展。

五、对策建议

从增材制造产业创新生态系统及相关政策的演

化来看，我国增材制造产业整体发展状况良好，相关政策措施逐步完善和落实，科学知识产出和技术开发水平稳步提升，市场规模不断扩大。但相关产业发展还存在一些不足之处：专用材料和核心器件在一定程度上依赖进口，具有原创性的核心专利数量较少；科技成果转化动力不足，许多科技成果仅仅停留在研究部门而无法实现商业价值；下游商业模式和应用领域还比较少，有待进一步探索和拓展。要实现新兴产业的引领发展，必须全面构建各类创新要素充分流动和高效配置的创新生态系统。本文提出关于促进新兴产业发展的一些措施建议。

1. 着力提升产业链关键环节的自主创新能力

鉴于当前进口价格昂贵并逐渐趋向于不开源的现状，提升国内自主研发能力是当务之急，既可以克服材料设备的技术障碍，又能带来明显的成本优势，更好保障产业发展的自主可控。建议继续加大对新兴产业关键技术自主研发的支持力度，鼓励各类市场主体进行协同创新；重点突破关键核心技术，完善和整合产业链以提高国际竞争力。

2. 加快推进科技成果产业化

应努力消除经济与科技脱节的现象，有效构筑科技成果转化过程的中间桥梁，增强成果转化动力。建议加大力度构建科技中介服务机构，培养复合型人才，进一步完善高等院校科技园、企业孵化器 etc 公共服务体系建设，促进校企深化合作，加速产业化进程。

3. 进一步探索应用领域拓展

尽管我国优势产业领域的技术应用水平正在不断提高，但市场化应用的整体水平仍有较大提升空

表2 我国增材制造产业创新生态系统的三阶段演化

	主体机构	2005—2009年	2010—2014年	2015—2019年
政策层面	政府	政策酝酿期，政府意见提及了战略性新兴产业的重要性	政策萌发期，确定了战略性新兴产业的发展目标、主要任务和举措	政策密集期，出台了一系列专门针对增材制造产业的规划与政策
科学层面	高等院校与科研院所	处于全球合作网络的边缘地位，科学知识薄弱	在全球合作中逐渐向网络中心移动，合作网密度逐渐增大	在全球合作中地位提升，与国内外合作更加密切，科学知识水平世界领先
技术层面	高等院校与科研院所、企业	专利申请机构多为高等院校、科研院所，“产学研”合作很少	专利申请量跃居世界第一位，而“产学研”合作较少	专利数量世界领先，“产学研”合作有所增加，但科技成果转化仍需加强
市场层面	企业	产业化水平较低，市场份额很小	市场规模高速增长	处于持续增长的状态，但增幅有所下降

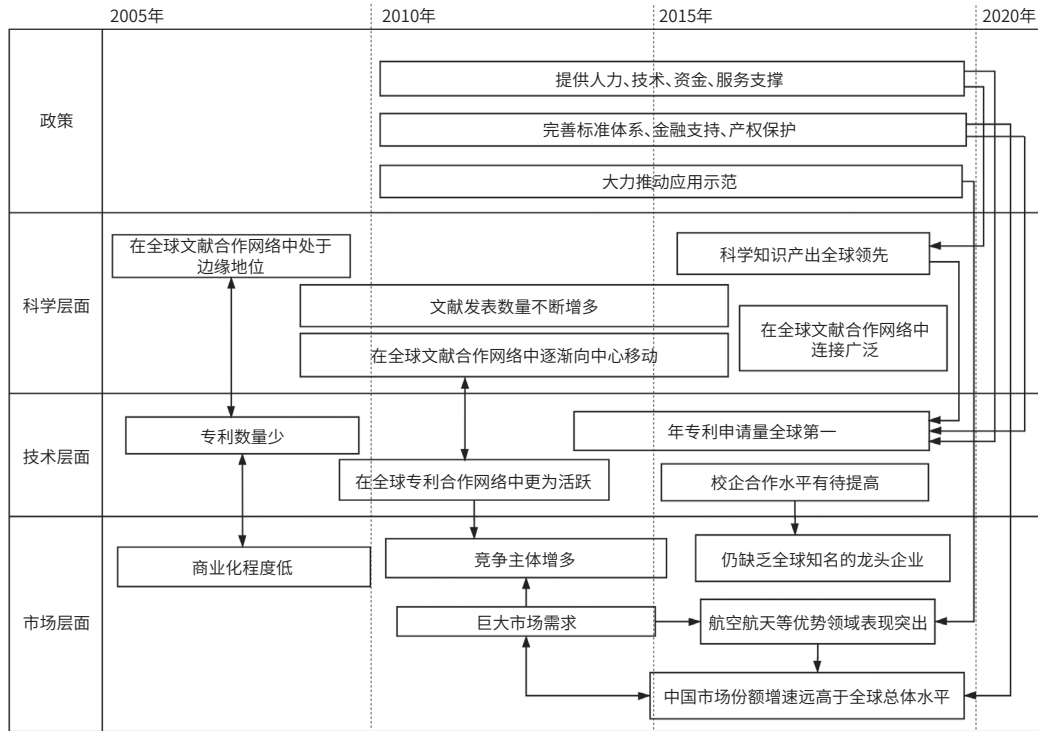


图 12 中国增材制造领域创新政策与创新生态系统演化

间。建议继续扩大应用示范领域，使优势领域在保持领先地位的同时，充分带动整个产业的发展。构建新兴产业与传统产业融合发展的新模式，加快传统制造业的转型升级，实现跨越式发展。

参考文献

- [1] Adner R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem [J]. *Harvard Business Review*, 2006, 84(4): 98–107.
- [2] 吴绍波, 顾新. 战略性新兴产业创新生态系统协同创新的治理模式选择研究 [J]. *研究与发展管理*, 2014, 26(1): 13–21.
Wu S B, Gu X. The governance model selection of strategic emerging industrial innovation ecosystem's collaborative innovation [J]. *R & D Management*, 2014, 26(1): 13–21.
- [3] 李晓华, 刘峰. 产业生态系统与战略性新兴产业发展 [J]. *中国工业经济*, 2013 (3): 20–32.
Li X H, Liu F. Industrial ecosystem and the development of strategic emerging industries [J]. *China Industrial Economics*, 2013 (3): 20–32.
- [4] Clarysse B, Wright M, Bruneel J, et al. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems [J]. *Research Policy*, 2014, 43(7): 1164–1176.
- [5] Xu G N, Wu Y C, Minshall T, et al. Exploring innovation ecosystems across science, technology, and business: A case of 3D printing in China [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 136: 208–221.
- [6] Järvi K, Almpantopoulou A, Ritala P. Organization of knowledge ecosystems: Prefigurative and partial forms [J]. *Research Policy*, 2018, 47(8): 1523–1537.
- [7] Oh D S, Phillips F, Park S, et al. Innovation ecosystems: A critical examination [J]. *Technovation*, 2016, 54: 1–6.
- [8] Ritala P, Almpantopoulou A. In defense of ‘eco’ in innovation ecosystem [J]. *Technovation*, 2017, 60: 39–42.
- [9] 陈衍泰, 夏敏, 李欠强, 等. 创新生态系统研究: 定性评价、中国情境与理论方向 [J]. *研究与发展管理*, 2018, 30(4): 37–53.
Chen Y T, Xia M, Li Q Q, et al. Research on innovation ecosystem: Qualitative evaluation, Chinese context and theoretical direction [J]. *R & D Management*, 2018, 30(4): 37–53.
- [10] Nemet G. F. Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change [J]. *Research Policy*, 2009, 38(5): 700–709.
- [11] 朱迎春. 政府在发展战略性新兴产业中的作用 [J]. *中国科技论坛*, 2011 (1): 20–24.
Zhu Y C. The effect of government on the developing emerging industries of strategic importance [J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2011 (1): 20–24.
- [12] Wohlers, T T, Caffrey T, Wohlers I. Wohlers report 2017: Additive manufacturing and 3D printing state of the industry: Annual worldwide progress report [R]. Fort Collins: Wohlers Associates, 2017.
- [13] 温家宝. 让科技引领中国可持续发展 [EB/OL]. (2009-11-03) [2019-12-05]. http://www.gov.cn/lhdh/2009-11/23/content_1471208.htm.
Wen J B. To lead China's sustainable development with science and technology [EB/OL]. (2009-11-03) [2019-12-05]. http://www.gov.cn/lhdh/2009-11/23/content_1471208.htm.